

MAGNETIC HEAD AND PROCESS FOR PRODUCING THE HEAD

Patent
Number: ☐ EP0880128, A4, B1

Publication
date: 1998-11-25

Inventor(s): FUJISAWA MASAYASU (JP); AGARI HIROSHI (JP); CHIBA HIROMU (JP); HIRA YASUO (JP); OKAWA ATSUKO (JP); SAIKI NORIYUKI (JP); SUZUKI NOBUO (JP); SUZUKI SABUROU (JP); TOGAWA EISEI (JP); AKAMATSU KIYOSHI (JP); IMAYAMA HIROTAKA (JP)

Applicant(s): HITACHI LTD (JP)

Requested
Patent: ☐ JP8315342

Application
Number: EP19960915178 19960517

Priority Number
(s): WO1996JP01310 19960517; JP19950141402 19950517

IPC
Classification: G11B5/60; G11B21/21

EC
Classification: G11B5/60D1

Equivalents: CN1190482, DE69615061D, DE69615061T, ☐ US6278582, ☐ WO9636965

Cited
Documents: US5218494; JP1271169; JP60009656; JP2205479; JP7029139; JP7307070

Abstract

For removing re-deposited particulates produced during an etching process of a magnetic head slider and forming a minute chamfered portion, a polishing process is carried out by using polishing cloth such as non-woven polyester fabric after having formed rails of non-linear shape on a floating surface by the etching process. Thus, the re-deposited particulates produced during the etching process are removed,

whereby the reliability of the floating characteristic of magnetic head is improved. 

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 3 1 5 3 4 2

(43) 公開日 平成 8 年 (1 9 9 6) 1 1 月 2 9 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G11B 5/60			G11B 5/60	C
5/187		7303-5D	5/187	Q
21/21	101		21/21	L

審査請求 未請求 請求項の数 1 1 F D (全 1 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 1 4 1 4 0 2

(22) 出願日 平成 7 年 (1 9 9 5) 5 月 1 7 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 5 1 0 8

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 大川 貴子

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 日良 康夫

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 今山 寛隆

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

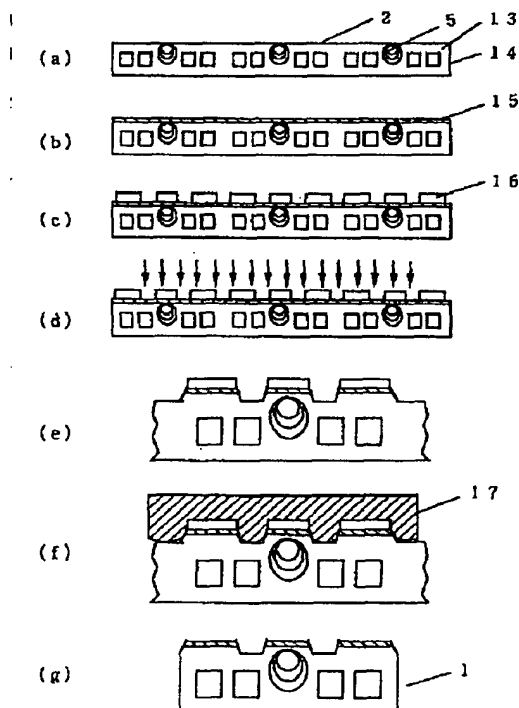
(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド及び磁気ヘッドの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 磁気ヘッドスライダのエッチング加工時に生じる再付着物を除去し、また、微小なチャンファを形成する。

【構成】 浮上面に非直線形状のレールをエッチング加工により形成した後に、ポリエステル不織布などの研磨布を用いて研磨加工を行う。

【効果】 再付着物が除去され、浮上特性の信頼性が向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】非直線形状のレールを有する磁気ヘッドスライダにおいて、浮上面にレールをエッチングもしくは反応性イオンエッチングもしくはスパッタエッチングもしくはイオンミリングにより加工した後に研磨を行うことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2】請求項 1 記載の研磨工程において砥粒を含む研磨液を用いて研磨することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】請求項 1 記載の研磨工程において砥粒を含まない研磨液を用いて研磨することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4】請求項 3 記載の研磨工程において研磨液が水であることを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 5】請求項 1 記載の研磨工程において研磨布を用いることを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】請求項 5 記載の研磨工程において研磨布が不織布であることを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 7】非直線形状のレールを有する磁気ヘッドスライダにおいて、浮上面のレールの角部に傾斜面もしくは曲面を有することを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 8】請求項 7 記載の磁気ヘッドスライダにおいて、レールの面積に対して傾斜面もしくは曲面の面積が占める割合が 10 % 以下であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 9】請求項 7 記載の傾斜面もしくは曲面の大きさが、幅 1 μm 以下、高さ 0.008 μm 以下であり、レールの面積に対して傾斜面もしくは曲面の面積が占める割合が 10 % 以下であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 10】非直線形状のレールを有する磁気ヘッドスライダにおいて、浮上面のレールの角部近傍の保護膜の厚さがレール中央部の保護膜の厚さに比べ薄いことを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 11】請求項 7 乃至 10 記載の磁気ヘッドスライダを搭載した磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ディスク装置及びその製造技術に関し、特に非直線形状のレールを有する浮上量の小さい薄膜磁気ヘッドの製造方法及び磁気ヘッドスライダの形状に関する。特に、本発明はドライエッチング技術に係り、エッチング速度の遅いセラミックス等の加工時に生じる再付着物を除去する加工方法に関する。また、安定した低浮上量を得ると共に、ヘッドクラッシュを防止するのに好適な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置の記録密度は年々飛躍的に向上しており、そのためには磁気ヘッドの浮上量を

低減することが必須となっている。図 10 は磁気ヘッドの浮上状態を説明する図であって、磁気ヘッド 1 は、磁気ディスク 11 と相対する面である浮上面 2、テーパー部 4、磁気素子 5、空気流入端 7、空気流出端 8 を有し、板バネ 10 により支持されている。浮上面 2 には図 2 に示すレール 3 が形成されている。磁気ディスク回転停止時は磁気ヘッド 1 と磁気ディスク 11 は接触状態にあるが、回転数が一定値に達すると、レール 3 に沿って空気流入端 7 から流入し空気流出端 8 から流出する空気流 40 により空気ベアリングスライダ機構が形成され浮上力が発生し、板バネ 10 の押圧力と浮上力により浮上量 12 が決定される。この浮上量 12 を低減するとともに、磁気ディスクの内周と外周の周速度の差に起因する浮上量変動を低減することも重要な課題の一つである。

【0003】図 11 は従来の磁気ヘッドスライダ及びその加工方法を示す図であり、従来の磁気ヘッドスライダは直線のレール 3 を有し、その加工は砥石 27 を用いた機械加工によって行われていた。図 14 は周速度と浮上量の関係を示すものであり、直線形状のレールの場合にはディスクの周速度の使用範囲 15 から 35 m/s において浮上量は約 140 から 200 nm であり、浮上量はディスク内外周において約 60 nm 変動しており周速度に大きく依存している。また、直線形状のレールにおいてはレール幅と浮上量が比例関係にあり、浮上量を低減するためにはレール幅をより細幅とすることが望まれるが、図 11 に示す磁気素子 5 の部分においてはレール幅は磁気素子 5 と同等の幅が必要であるためおのずと限界が生じる。そこで、米国特許第 4,673,996 号に開示されているようにレール 3 の前期空気流に沿う角部にチャンファと呼ばれる傾斜面を設けることにより浮上量の低減とその変動の抑制を実現している。この傾斜面は、浮上面とのなす角度が 0.5 度から 2 度の間であり、レールの面積に対してチャンファの面積が占める割合は 12.5 から 22.5 % であり、チャンファの一例としては 10 μm 程度の幅と 2 μm の高さを有する。また、特開平 63-103406 号公報に開示されているようにレール 3 の一部分を細幅とすることによっても浮上量の低減とその変動の抑制が実現されている。また、特開平 4-188479 号公報に開示されているようにレール 3 の前期空気流に沿う角部に流入端から流出端に向かって徐々に幅が広がる傾斜面を設けることによっても浮上量の低減とその変動の抑制が実現されている。このようなチャンファを設けることにより、浮上量は図 14 に示すように、周速度 15 から 35 m/s において約 80 から 120 nm と低浮上化され、同時にディスク内外周での浮上量変動も約 40 nm と低減されている。近年、浮上量を低減する最も有効な手段として、特開平 4-276367 号公報に開示されているように非直線形状のレールを用いる方法が盛んに行われている。非直線形状のレールを有する磁気ヘッドの一例を図 12 に示

す。このような非直線形状のレールを用いる場合、浮上量は図 1 4 に示すように、周速度 1 5 から 3 5 m/s において約 6 0 から 7 5 nm と低浮上化され、ディスク内外周での浮上量変動も約 1 5 nm と非常に小さくなっている。非直線形状のレールは、前記の直線形状のレールにチャンファを施した場合と同等あるいはそれ以上の浮上量低減効果を有し、特にディスクの内外周の周速度の差に起因する浮上量変動を抑制する効果が大きい。それ故、直線形状のレールにチャンファを施した物と同等以上の効果を持つ非直線形状のレールにチャンファを施すことは、さらにより一層の浮上特性の向上が期待でき、実現できる浮上量とその安定性がよりすぐれているために、直線形状のレールにチャンファを施す場合とその効果を厳密に区別する必要がある。現時点では非直線形状のレールにチャンファを設けた例は開示されていない。非直線形状のレールはチャンファなしでも浮上量を低減し浮上量変動を押さえる効果が十分大きく、わずかなチャンファを設けることで浮上特性をさらに向上する効果が期待できるため設けるチャンファの最適形状は、直線形状の場合に比べて小さく、かつ高精度な加工が要求される。

【0 0 0 4】チャンファ形状は以上述べた浮上特性を向上する効果の他に特開昭 6 0 - 9 6 5 6 号公報に開示されている次なる効果も有する。図 1 0 に示すように浮上量は空気流入端 7 に比べ空気流出端 8 の方が小さく磁気ディスク 1 1 と接触しやすい状態にある。そのため磁気ヘッド 1 の空気流出端 8 の形状は磁気ディスク 1 1 への損傷防止かつ磁気ヘッド自身への損傷防止のためにもめらかな形状であることが望まれ、チャンファが形成されている。このような効果を非直線形状のレールにおいても実現するためには、上記浮上特性に及ぼす効果と同様に厳しい精度が要求される。

【0 0 0 5】非直線形状のレールを有する磁気ヘッドの形成プロセスを図 1 3 を用いて説明する。基板材料であるアルミナチタンカーバイド 1 3 に磁気素子 5 を形成した後、該基板を複数のスライダからなるブロック 1 4 に切断し所定の寸法になるように研磨して浮上面 2 を形成し (a)、浮上面に保護膜 1 5 をスパッタ、CVD 等で成膜し (b)、レールを形成するためのマスク材であるレジスト 1 6 を塗布しリソグラフィによりレジストパターンを形成して (c)、浮上面にエッチング加工によりレールを形成し (d) (e)、個々のスライダに切断し (f) 図 1 2 の磁気ヘッド 1' を得る。浮上面にレールを形成する工程 (d) は、レール形状が非直線のため従来の砥石を用いた機械加工により形成することは不可能であるため、通常反応性イオンエッチング、プラズマエッチング、スパッタエッチングやイオンミリングのようなエッチング加工が用いられる。基板材であるアルミナチタンカーバイドはエッチングガスとの反応性が非常に低いためにエッチング加工は主に高エネルギーのイオ

ンの衝撃による物理的な除去作用による。そのため、物理的にエッチングされ飛散した被エッチング物はすべて真空ポンプ側へ排気されるのではなく、図 5 (a) に示すように一部マスク材料やアルミナチタンカーバイドの側壁に付着する。この現象を再付着と呼ぶ。この再付着物 1 9 は、マスク材であるレジスト 1 6 を除去した後も図 5 (b) に示すように突起状に残って形状不良を生じる。この再付着を除去するために、特開平 5 - 1 0 9 6 6 8 に示されているアルゴンイオンビームの基板への入射角度を加工中に変化させることにより再付着を除去する方法が開示されている。この方法は、アルゴンイオンビームの入射角度が 5 度以内でまず加工を行いその後イオンビームの入射角度を 3 0 度以上として再付着を除去するという方法である。また、特開平 6 - 1 3 3 5 7 号公報に示すようにイオンミリング後に等方性のプラズマエッチングを行うことにより再付着を除去する方法が開示されている。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】磁気ヘッドスライダの加工において再付着が生じると、エッチング加工後にマスク材料の除去を行っても依然として再付着物が磁気ヘッドスライダレールの浮上面に残り、磁気ヘッドの始動、停止時に磁気ディスクへ傷を付ける、再付着物が磁気ディスク装置使用中に落下し不良の原因となる等の問題がある。そればかりではなく、浮上量は年々低下しているために、この再付着物の浮上面からの高さが浮上量と同等になり、磁気ヘッドの浮上そのものに深刻な影響を及ぼす。そのため再付着を除去するプロセスの開発が要求されている。前記従来例に開示されているアルゴンイオンビームの入射角を変えて再付着を除去する方法は、再付着除去方法として最も有効な方法の一つであるが、磁気ヘッドスライダの基板材料であるアルミナチタンカーバイド等のセラミックのイオンミリング等のエッチング加工においては以下の理由のため再付着を除去することはできない。アルミナチタンカーバイドをレジストをマスク材料としてアルゴンガスを用いたイオンミリングにより加工する場合の再付着形成について図 2 1 を用いて説明する。図 2 1 は再付着が形成される概念図であり、1 6 はレジスト、1 3 はアルミナチタンカーバイド、1 9 及び 1 9 a は再付着物、3 9 はイオンビームである。イオンビーム 3 9 がレジスト 1 6 及びアルミナチタンカーバイド 1 3 に照射されるとイオンの衝撃によりそれぞれの材料の微粒子が放出される。放出された微粒子のあるものは真空チャンバー内の雰囲気中に浮遊し真空ポンプへと排気され、またあるものはレジストやアルミナチタンカーバイドの表面に衝突する。レジストやアルミナチタンカーバイドの表面に衝突した微粒子は、そのまま付着するものと跳ね返されて再度放出されるものとがあり、付着する確立はイオンビームのエネルギーや被加工材等の加工条件に依存する。イオンミリングのよ

うに高エネルギーのイオンビームによる加工の場合この付着確率はかなり高く 1 に近いものと考えられている。そのため加工中はレジストとアルミナチタンカーバイドの表面にはアルミナチタンカーバイドもしくはレジストもしくはその 2 材料の混合物から成る微粒子が常に付着している。ここで、アルミナチタンカーバイドとレジストのイオンミリング速度を図 2 2 に示す。アルミナチタンカーバイドのイオンミリング速度に対するレジストのイオンミリング速度の比（以下これを選択比と呼ぶ）はイオンビームの入射角度によって変化するが約 0.3 から 0.5 とレジストの加工速度のほうが常に 2 倍から 3 倍速い。そのために、図 2 1 に示すようにレジストの側壁にアルミナチタンカーバイドからなる再付着物 1 9 が付着するとその部分はまわりのレジストに比べミリング速度が遅く加工量に差があるため凹凸が形成される。この凹凸の上に微粒子の付着が繰り返されることにより図 5 (a) に示すような再付着層が形成される。前記実施例はイオンビームの入射角度を変化させてレジストと被加工材料の側壁に入射するイオンビームの量を増やして再付着を除去する方法であるから、このアルミナチタンカーバイドの加工においてもイオンミリングの途中でイオンビームの入射角度を大きくしてみる。イオンビームの入射角度を 60 度以上とすると側壁に再付着物が付着する速度よりも側壁に付着した再付着物がエッチングされる速度のほうが大きくなるため、理論的には再付着物は除去されるはずである。しかしながら、このアルミナチタンカーバイドの加工においてはアルミナチタンカーバイドとレジストの加工速度が大きく異なり前述のように側壁に図 2 1 (b) に示す凹凸即ち荒れが生じこの荒れの凹部分に付着した再付着物 1 9 a はイオンビームの入射角度を 90 度以上にしない限りはイオンビームにさらされないため除去不可能である。しかしながら、イオンビームの入射角度を 90 度以上にすると側壁はすべてイオンビームに対してレジストの陰の部分になってしまうため側壁にイオンビームは入射せずこのような加工条件は実現しない。この側壁の荒れの原因はレジストとアルミナチタンカーバイドの選択比が悪いことにあり、もし選択比が 1 程度であれば荒れは生じず再付着も発生しないが、アルミナチタンカーバイドと同程度に加工速度の遅いレジストは、現時点では存在しない。従来アルミナチタンカーバイドの加工においては、イオンビームの入射角を初めは加工速度の速い 45 度で加工し、所望の加工量に近くなったら入射角を 75 度にして再付着物の除去を行っていた。図 2 3 (a) に示すように 45 度で加工したときはレジストとアルミナチタンカーバイドの側壁には多くの再付着物が見られ、図 2 3 (b) に示すように 75 度で加工することにより再付着物はかなり除去されるが上述した理由により依然として再付着物はわずかに残り、レジスト除去後においても図 2 3 (c) に示すようにごくわずかな再付着物が残る。アルミナチ

ンカーバイドの加工においては、このようにイオンミリング時のイオンビームの入射角度を変化させても除去することができない微少な再付着が特に問題となっており、その除去方法を確立することが課題となっている。

【0007】また、等方性のプラズマエッチングにより再付着を除去する方法は薄膜プロセスが主体で加工量の少ない半導体プロセスにおいては有効であるが、磁気ヘッドスライダの場合は加工量が大きく同時に再付着量も多いためこの手法では長時間を要することが問題である。さらに、磁気ヘッドスライダはレールの幅とその深さが浮上量に密接に関係するため、加工精度が非常に厳しく上記等方性のエッチングは側壁のエッチング量が多いために加工中の寸法シフトが大きく、形状が大きく変化するため適用することはできない。

【0008】磁気ヘッドスライダの製造方法において、再付着を浮上面のみならずレールの側壁部分においても完全に除去でき、かつレールの寸法変化の非常に小さい再付着除去方法を開発することが課題となっている。

【0009】また、非直線形状のレールを採用することにより浮上量は低下し、同時にディスク内外周の収束度の差に起因する浮上量変動が低減されたが、さらに浮上特性を向上するためにはレールの角部にごく小さいチャンファ部を形成することが有効である。また、磁気ディスク始動停止時の衝撃を緩和するために、空気流出口においてもチャンファが形成されていることが望ましい。これらのチャンファは従来の直線形状のレールに設けられていたチャンファに比べ、その大きさが 10 分の 1 程度と小さく、また、非常に厳しい加工精度が要求されている。このようなチャンファは、従来の直線形状のレールにおいては、切削やテープ研磨によって形成されていたが、非直線形状のレールに対してはそのような加工技術でチャンファを形成するのは困難である。そこで、非直線形状のレールに高精度なチャンファを設ける加工技術を開発することも課題となっている。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、本発明では浮上面に非直線形状のレールをエッチング加工により形成した後に研磨加工を行う。この研磨加工においては砥粒を含んだ研磨液ないし砥粒を含まない研磨液ないし水が研磨液として用いられる。また研磨布、特にポリエステル不織布を用いて研磨するのが有効であることが見いだされた。

【0011】

【作用】磁気ヘッドスライダのレールをエッチング加工により形成した後に研磨加工を行うことによって、エッチング加工によりレール及びレジストの側壁に付着した再付着物がすべて除去される。この作用は砥粒を含んだ研磨液を用いる場合、砥粒を含まない研磨液を用いる場合、水を研磨液として用いる場合いずれにおいても有効である。また、研磨布を用いる場合、特にポリエステル

不織布を用いる場合その効果が顕著である。研磨により再付着物が完全に除去されることによって、再付着物がディスクを傷つける、ディスク上に落下した再付着物が読み書き時の障害となるといった不良は発生しなくなり信頼性の高い磁気ディスク装置を製造することができる。また、レールの角部に微小な傾斜面もしくは曲面からなる微小なチャンファが形成される。このチャンファによって浮上量及び浮上量変動を低減することが可能となる。また、このチャンファは空気流出端 7 においても形成されるため磁気ディスク始動停止時に磁気ディスクへ与える衝撃を減少できる。

【 0 0 1 2 】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に従って説明する。

【 0 0 1 3 】（実施例 1）本発明の第 1 の実施例を図 1 から図 9 及び図 1 9 を用いて説明する。図 2 は本発明により形成された磁気ヘッド 1 の概観図である。本発明の磁気ヘッド 1 は浮上面 2、該浮上面に形成された非直線形状のレール 3、テーパ部 4、磁気素子 5、素子形成部 6、空気流入端 7、空気流出端 8 を有し、レール 3 の角部には微小な傾斜面 9 が存在する。

【 0 0 1 4 】本発明の磁気ヘッドスライダの作成プロセスを図 1、図 3、図 4、図 8、図 9、及び図 1 9 を用いて説明する。図 3 に示すように、アルミナチタンカーバイド 1 3 に磁気素子 5 を形成した後、所定の寸法に切断して複数のヘッドブロック 1 4 を形成し、このヘッドブロックをヘッドブロック研磨治具 2 0 に固定して研磨を行い浮上面 2 を形成する。このヘッドブロック 1 4 をヘッドブロック固定治具 1 8 に整列配置する。このブロックを磁気素子側から見た側面図を図 1 (a) に示す。浮上面 2 に保護膜 1 5 をスパッタもしくは C V D により成膜した後 (b)、レジスト 1 6 を塗布してリソグラフィによりレール加工用のマスクを形成する (c)。レジスト 1 6 をマスク材としてエッチング加工、例えばアルゴンガスを用いるイオンミリング (d) によりレジストのレールパターンをアルミナチタンカーバイドに転写する。図 1 9 は公知のイオンミリング装置の構成図である。図 1 9 において 1 3 はアルミナチタンカーバイド、2 8 は試料ホルダ、2 9 は真空ポンプ、3 0 は試料交換室、3 1 は永久磁石、3 2 はソレノイドコイル、3 3 はマイクロ波、3 4 はマイクロ波発振器、3 5 はガス導入口、3 6 はプラズマ、3 7 は引き出し電極である。本装置は、ガス導入口 3 5 よりイオンミリングガスを供給し、マイクロ波 3 3 によりプラズマ 3 6 を励起し、イオンを引き出し電極 3 7 により高エネルギーに加速して引き出し、試料に照射して加工を行うものである。イオンミリング条件の一例は次の通りである。イオンミリングガスにはアルゴンを用い、流量 1 0 s c c m、真空度 0 . 2 Pa、ビーム電流密度 0 . 8 m A / c m ²、加速電圧 9 0 0 V、ビーム入射角度 4 5 °、加工時間 4 8 0 分である。この

ようにして加工されたレール 3 の溝深さは約 1 0 μ m である (e)。このときのレールの断面形状を図 5 (a) に示す。アルミナチタンカーバイドとレジストの側壁全体にかけて再付着物 1 9 が付着している。そこで、イオンミリング後、研磨布 1 7 を用いて研磨加工 (f) を行い、イオンミリング時に生じた再付着物を除去する。このときの研磨加工について以下に詳述する。図 4 は、ヘッドブロック 1 4 の研磨加工の概念図である。図 4 において、1 4 はヘッドブロック固定ジグ 1 8 上に固定されたヘッドブロック、2 1 は回転可能なチャック、1 7 は回転可能な定盤 2 2 の上に貼付けた研磨布、2 3 は研磨液である。本発明の再付着除去研磨加工によりイオンミリング時に生じた再付着物を除去するプロセスを図 4 を用いて説明する。図 4 に示すように、ヘッドブロック固定ジグ 1 8 上に固定されたヘッドブロック 1 4 をチャック 2 1 に取り付け、回転する研磨布 1 7 の表面に研磨液 2 3 を供給しながら、ヘッドブロック固定ジグ 1 8 上に固定されたヘッドブロック 1 4 を研磨布 1 7 に押圧摺動させながら、定盤 2 2 の半径方向に揺動させる。研磨条件の一例は次の通りである。定盤 2 2 及び研磨布 1 7 の直径は 3 0 0 m m、チャック 2 1 と定盤 2 2 の回転数は、同方向に 2 0 r / m i n、チャック 2 0 の揺動幅 1 0 m m、揺動速度 5 m m / s e c、研磨圧力 1 0 k P a、平均研磨速度 8 0 m m / s e c、研磨布 1 7 としてポリエステル不織布、研磨液 2 3 として平均粒径 0 . 2 5 μ m のダイヤモンドスラリーを用い、1 0 m l / m i n の量を滴下した。研磨時間は 1 0 分である。本発明において使用するポリエステル不織布はたとえば s u b a 4 0 0 (ロデールニッタ社の商品名)、B a i k a l o x C A (B a i k a l o x 社の商品名)、ベルエースの下地 (鐘紡の商品名) 等であって図 2 4 (a)、(b) の S E M 写真に示すように表面がけばだった構造を有している。このようなポリエステル不織布は、図 2 4 (c) に示す発泡ポリウレタンからなるスエードと呼ばれる研磨布に比べて変形しやすいという特徴を持つ。図 2 5 は圧力と研磨布の変形量の関係を示すものであって、ポリエステル不織布である s u b a 4 0 0 はスエードである N F 2 0 0 に比べてわずかな荷重で大きく変形している。本発明の再付着除去研磨加工においては、イオンミリングにより加工されたレールの側壁に研磨布が十分に変形して接触し再付着物を漏れなく研磨することが重要であるため変形しやすいポリエステル不織布を使用するのが望ましい。上記研磨条件において、ポリエステル不織布は十分に変形し、図 1 (f) に示すようにレジスト及びレールの側壁とポリエステル不織布は接触した状態で研磨が行われる。この再付着除去研磨加工後のレールの断面形状を図 6 (a) に示す。図 5 (a) の研磨前の状態と比較すると、再付着物は完全に除去されてなくなり、レジストの側壁と基板面とのなす角度 2 4 (以下これをテーパ角と呼ぶ) は研磨前に比べて小さくなり、レジストは研磨前の位置よりも後退

している。またレールの角部に微小な傾斜面 9 が形成されており、その大きさは幅約 $1\mu\text{m}$ 高さ約 $0.5\mu\text{m}$ である。ただし、レール幅とレール溝深さは研磨前と比べ変化していない。再付着除去研磨加工の後、レジストを除去し、ヘッドブロック固定治具からブロックを剥離し、図 1 (g) に示す個々の磁気ヘッド 1 に切断する。この時点では個々の磁気ヘッドの浮上面 1 は治具への接着時のひずみや成膜時の応力によるひずみを原因として、図 7 (a) に示すようにわずかに凹形状に変形しており、その変形量は約 $0.25\mu\text{m}$ である。この変形を補正するための平面度補正研磨加工について図 8 を用いて説明する。図 8 において、1 は磁気ヘッド、25 は磁気ヘッドを支持する回転可能なヘッド研磨治具 25、22 は回転可能な定盤、23 は研磨液である。磁気ヘッド 1 を研磨治具 25 に取り付け、回転する定盤 22 に研磨液 23 を供給しながら 10 数秒間浮上面 2 の研磨を行う。この平面度補正研磨加工によって浮上面は約 $0.25\mu\text{m}$ 研磨され、その変形は図 7 (b) に示すように平面もしくはごくわずかな凸面に修正される。また、レールの角部の断面形状は図 6 (b) に示すように浮上面がわずかに研磨されることにより図 6 (a) と比較して傾斜面 9 がやや減少し、幅 $0.5\mu\text{m}$ 高さ約 $0.25\mu\text{m}$ となっている。また、保護膜は研磨されてなくなっている。この浮上面の平面度補正研磨加工後、個々の磁気ヘッドを図 9 に示すヘッド固定治具 26 に固定して洗浄を行った後、浮上面に保護膜をスパッタもしくは CVD により成膜する。成膜後ヘッド固定治具 26 より取り外し図 2 に示す磁気ヘッドを得る。

【0015】以上述べたプロセスで作成された磁気ヘッドスライダのレールの角部の断面形状は図 6 (c) のようになり、微小な傾斜面 9 が存在する。その大きさは、傾斜面 9 の幅が約 $0.5\mu\text{m}$ 高さが $0.25\mu\text{m}$ である。また、この傾斜面が浮上面となす角度は約 27° 度であり、レールの面積に対して傾斜面の面積が占める割合は約 0.6% である。このようなプロセスで作成したレール底面の面粗さは約 $0.2\mu\text{m}$ 以下である。レール幅及びレール溝深さは再付着除去研磨の前後で変化していない。

【0016】以上説明したように、イオンミリング後に再付着除去研磨加工を行うことによってレールの側壁及び浮上面に付着した再付着物は完全に除去され、微小な傾斜面が形成される。再付着が完全に除去されることにより、再付着物からなる突起が磁気ディスクを傷つける、落下した再付着物が読み書き時のエラーを生ずるといった不良は全く発生しない。さらに、図 14 に示すように、非直線形状のレールにチャンファを設けるとその浮上量は周速度 15 から 35m/s において約 50 から 60nm であり、ディスク内外周での浮上量変動は約 10nm となり、浮上量、浮上量変動ともにチャンファがない場合に比べて低減されている。すなわち、微小な傾

斜面が付与されることにより浮上量を低減し、磁気ディスクの内周と外周の周速度の差に起因する浮上量の変動を抑制できるという効果が生じる。また、空気流出端においても傾斜面が形成されるため、磁気ディスク始動停止時の磁気ディスクと磁気ヘッド間の衝撃が緩和され、磁気ディスク、磁気ヘッド双方への損傷が防止される。本発明の磁気ヘッドスライダを磁気ディスク装置に搭載することにより、低浮上でかつ浮上量変動が少なく信頼性の高い磁気ディスク装置を提供することができる。

【0017】(比較例 1) 従来の非直線形状の磁気ヘッドスライダの作成プロセスの一例を図 13 を用いて説明する。レジストマスク形成までの工程は図 1 (a) ~ (d) に示す実施例 1 の工程と全く同じであり、以下の条件でイオンミリングを行う。イオンミリングの第 1 の工程において、イオンミリングガスにはアルゴンを用い、流量 10 sccm 、真空度 0.2 Pa 、ビーム電流密度 0.8 mA/cm^2 、加速電圧 900 V 、ビーム入射角度 0° 、加工時間 430 分である。イオンミリングの第 2 の工程において、イオンミリングガスにはアルゴンを用い、流量 10 sccm 、真空度 0.2 Pa 、ビーム電流密度 0.8 mA/cm^2 、加速電圧 900 V 、ビーム入射角度 30° 、加工時間 140 分である。このようなイオンミリング後のレジスト及びアルミナチタンカーバイドの側壁には図 5 (a) に示すような再付着物が付着している。イオンミリング後にレジストを除去した後、個々のスライダに切断し (f)、磁気ヘッドスライダ 1' を得る。従来プロセスで作成された磁気ヘッドスライダのレールの断面形状は図 5 (b) のようになる。レジストを除去する事により、再付着物の大半はレジストと共に除去されるが、一部の再付着物は完全に除去されずにスライダの浮上面に残り、その高さは約 $0.05\mu\text{m}$ である。このような再付着物が浮上面上に存在すると、磁気ディスク装置の始動時及び停止時に磁気ディスクにスクラッチをつけ、エラーの原因となる。また、再付着物がディスクとの接触により磁気ディスク上に落下しエラーの原因となる場合もある。さらに、低浮上の磁気ヘッドスライダにおいては、再付着物の高さが浮上量と同等であり浮上安定性に大きな支障を来す。

【0018】このような従来プロセスで作成された磁気ヘッドスライダのレールの角部には傾斜面は存在しない。また、傾斜面の保護膜は傾斜面の端部においても中央部と同じ膜厚を有している。このときのレール底面の面粗さは $0.7\mu\text{m}$ である。

【0019】(実施例 2) 本発明の第 2 の実施例ではレールのイオンミリングによる形成の工程までは第 1 の実施例と同様であり、次なる条件で再付着除去研磨を行う。定盤 22 及び研磨布 17 の直径は 300 mm 、チャック 21 と定盤 22 の回転数は、同方向に 20 r/min 、チャック 20 の揺動幅 10 mm 、揺動速度 5 mm/sec 、研磨圧力 10 kPa 、平均研磨速度 80 mm/sec 、研磨布 17 と

してポリエステル不織布、研磨液 2 3 として水を用い、
1 0 ml/min の量を滴下した。研磨時間は 1 0 分である。
この再付着除去研磨加工後のレール角部の断面形状を図
1 5 (a) に示す。図 5 (a) の研磨前の状態と比較す
ると、再付着物は完全に除去されてなくなり、テーバ角
2 4 は研磨前に比べて小さくなり、レジストは研磨前の
位置よりも後退している。またレールの角部に微小な傾
斜面 9 が形成されており、その大きさは幅約 1 μ m 高さ
約 0 . 0 0 2 μ m である。再付着除去研磨加工の後、レ
ジストを除去し、ヘッドブロック固定治具からブロック
を剥離し、図 1 (g) に示す個々の磁気ヘッド 1 に切断
する。実施例 1 と同様にヘッドの変形を補正するための
平面度補正研磨を行う。この加工後のレール角部の断面
形状を図 1 5 (b) 及び (c) に示す。図 1 5 (b) は
磁気ヘッド中央部のレールの断面形状、図 1 5 (c) は
図 2 に示す磁気ヘッドのテーバ部 4 内の空気流出端近傍
の断面形状である。平面度補正研磨により浮上面は約
0 . 2 5 μ m 研磨され、レール中央部においてはレール
の断面形状は図 1 5 (a) に示すように、再付着除去研
磨により生じた傾斜面及び保護膜が研磨されてなくな
り、ほぼ平面となっている。しかし約 0 . 7 度で研磨さ
れたテーバ部の端部である空気流出端近傍においては、
その高さが浮上面に比べ約 2 . 4 μ m 低いため、平面度
補正研磨加工により研磨されることはない。そのため空
気流出端近傍においては、レールの断面形状は図 1 5
(b) に示すように図 1 5 (a) の平面度補正研磨前の
状態に比べ変化がない。この浮上面補正研磨加工の後実
施例 1 と同様に保護膜を成膜し磁気ヘッドを得る。以上
述べたプロセスで作成された磁気ヘッドスライダのレー
ルの角部の断面形状を図 1 5 (d) 及び (e) に示す。
図 1 5 (d) は磁気ヘッド中央部のレールの断面形状、
図 1 5 (e) は図 1 5 (c) と同じく空気流出端近傍の
レールの断面形状である。図 1 5 (d) に示すように、
テーバ部以外の浮上面のレールの角部には傾斜面は存在
しない。しかしながら空気流出端近傍においてはレール
の角部に微小な傾斜面 9 が存在する。その大きさは、傾
斜面 3 の幅が約 1 μ m 高さが 0 . 0 0 2 μ m である。ま
た、この傾斜面が浮上面となす角度は約 0 . 1 度であ
り、レールの面積に対して傾斜面の面積が占める割合は
約 0 . 1 % である。このようなプロセスで作成したレー
ル底面の面粗さは約 0 . 7 μ m である。レール幅及びレ
ール溝深さは再付着除去研磨の前後で変化していない。

【 0 0 2 0 】 以上説明したように、イオンミリング後に
研磨液として水を用いて再付着除去研磨加工を行うこと
によって実施例 1 と同様にレールの側壁及び浮上面に付
着した再付着物は完全に除去され、再付着物に起因する
不良の発生を抑止できる。研磨液として水を用いて再付
着除去研磨を行う場合に形成される傾斜面は、研磨液と
してダイヤモンドスラリーを使用して形成された傾斜面に
比べ、その高さが 1 0 0 分の 1 以下と非常に小さい。そ

のため、その後の平面度補正研磨によりその微小な傾斜
面はテーバ部をのぞいて除去されてしまうため、レール
面積に対してごくわずかの傾斜面しか存在しないことに
なり、浮上特性を向上する効果は小さい。しかしなが
ら、空気流出端においては傾斜面が形成されているた
め、磁気ディスク始動停止時の磁気ディスクと磁気ヘッ
ド間の衝撃が緩和され、磁気ディスク装置の信頼性が向
上するという効果が生じる。

【 0 0 2 1 】 (実施例 3) 本発明の第 3 の実施例ではレ
ールのイオンミリングによる形成の工程までは第 1 の実
施例と同様であり、次なる条件で再付着除去研磨を行
う。定盤 2 2 及び研磨布 1 7 の直径は 3 0 0 mm、チャッ
ク 2 1 と定盤 2 2 の回転数は、同方向に 2 0 r/min、チャ
ック 2 0 の揺動幅 1 0 mm、揺動速度 5 mm/sec、研磨圧
力 2 0 k P a、平均研磨速度 8 0 mm/sec、研磨布 1 7 と
してポリエステル不織布、研磨液 2 3 として水を用い、
1 0 ml/min の量を滴下した。研磨時間は 3 0 分である。
この再付着除去研磨加工後のレール角部の断面形状を図
1 6 (a) に示す。図 5 (a) の研磨前の状態と比較す
ると、再付着物は完全に除去されてなくなり、テーバ角
2 4 は研磨前に比べて小さくなり、レジストは研磨前の
位置よりも後退している。またレールの角部に微小な曲
面 4 1 が形成されており、その大きさは幅約 2 μ m 高さ
約 1 . 5 μ m である。再付着除去研磨加工の後、レジス
トを除去し、ヘッドブロック固定治具からブロックを剥
離し、図 1 (g) に示す個々の磁気ヘッド 1 に切断す
る。実施例 1 と同様にヘッドの変形を補正するための平
面度補正研磨を行う。この研磨加工後のレール角部の断
面形状を図 1 6 (b) に示す。レールの角部の断面形状
は図 1 6 (b) に示すように浮上面がわずかに研磨され
ることにより図 1 6 (a) と比較して曲面 4 1 がやや減
少し、幅約 1 . 7 μ m 高さ約 1 . 3 μ m となっている。
また、保護膜は研磨されなくなっている。この平面度補
正研磨加工の後実施例 1 と同様に保護膜を成膜し磁気ヘ
ッドを得る。

【 0 0 2 2 】 以上述べたプロセスで作成された磁気ヘッ
ドスライダのレールの角部の断面形状は図 1 6 (c) の
ようになり、微小な曲面 4 1 が存在する。その大大小
は、傾斜面 3 の幅が約 1 . 7 μ m 高さが 1 . 3 μ m であ
る。また、レールの面積に対して傾斜面の面積が占める
割合は約 1 . 2 % である。このようなプロセスで作成し
たレール底面の面粗さは約 0 . 2 μ m である。

【 0 0 2 3 】 以上説明したように、イオンミリング後に
再付着除去研磨加工を行うことによって実施例 1 と同様
にレールの側壁及び浮上面に付着した再付着物は完全に
除去され、再付着物に起因する不良が抑止される。ま
た、実施例 1 と同様にレールの角部に傾斜面が形成され
るため浮上特性が向上する。また、空気流出端におい
ても傾斜面が形成されるため、磁気ディスク始動停止時
のディスク、ヘッド間の衝撃が緩和され、磁気ディスク装

置の信頼性が向上する。

【 0 0 2 4 】（実施例 4）本発明の第 4 の実施例ではレールのイオンミリングによる形成の工程までは第 1 の実施例と同様であり、次なる条件で再付着除去研磨を行う。定盤 2 2 及び研磨布 1 7 の直径は 3 0 0 mm、チャック 2 1 と定盤 2 2 の回転数は、同方向に 2 0 r/min、チャック 2 0 の揺動幅 1 0 mm、揺動速度 5 mm/sec、研磨圧力 1 0 kPa、平均研磨速度 8 0 mm/sec、研磨布 1 7 としてポリエステル不織布、研磨液 2 3 として水を用い、1 0 ml/min の量を滴下した。研磨時間は 1 0 分である。この再付着除去研磨加工後のレール角部の断面形状を図 1 7 (a) に示す。図 5 (a) の研磨前の状態と比較すると、再付着物は完全に除去されてなくなり、テーパ角 2 4 は研磨前に比べて小さくなり、レジストは研磨前の位置よりも後退している。またレールの角部に微小な傾斜面 9 が形成されており、その大きさは幅約 1 μ m 高さ約 0. 0 0 2 μ m である。さらに、傾斜面の保護膜は研磨加工によりその膜厚が減少している。再付着除去研磨加工の後、レジストを除去し、ヘッドブロック固定治具からブロックを剥離し、図 1 (g) に示す個々の磁気ヘッド 1 に切断する。ここでは平面度補正研磨は行わない。

【 0 0 2 5 】以上述べたプロセスで作成された磁気ヘッドスライダのレールの角部の断面形状は図 1 7 (b) のようになり、微小な傾斜面 9 が存在する。その大きさは、傾斜面 9 の幅が約 1 μ m 高さが 0. 0 0 2 μ m である。さらに、浮上面に形成された保護膜の傾斜面の端部における膜厚はレールの中央部の保護膜の膜厚に比べ薄くなっている。また、この傾斜面が浮上面となす角度は 0. 1 度であり、レールの面積に対して傾斜面の面積が占める割合は約 0. 1 % である。このようなプロセスで作成したレール底面の面粗さは約 0. 7 μ m である。レール幅及びレール溝深さは再付着除去研磨の前後で変化していない。

【 0 0 2 6 】以上説明したように、イオンミリング後に研磨液として水を用いて再付着除去研磨加工を行うことによって実施例 1 と同様にレールの側壁及び浮上面に付着した再付着物は完全に除去され、再付着物に起因する不良が抑止される。また、実施例 1 と同様にレールの角部に傾斜面が形成されるため浮上特性が向上する。また、空気流出端においても傾斜面が形成されるため、磁気ディスク始動停止時のディスク、ヘッド間の衝撃が緩和され、磁気ディスク装置の信頼性が向上する。

【 0 0 2 7 】（実施例 5）本発明の第 5 の実施例を図 1 (c) に示すレジスト形成のプロセスまでは第 1 の実施例と同様であり、次なるエッチング加工を行う。第 5 の実施例においては反応性イオンエッチング（以下 R I E と呼ぶ）によりエッチング加工を行う。図 2 0 は公知の高周波誘導方式の R I E 装置である。図 2 0 において、

1 3 はアルミナチタンカーバイド、2 9 は真空ポンプ、3 0 は試料交換室、3 5 はガス導入口、3 6 はプラズマ、3 8 はコイルである。本装置は従来の R I E 装置に比べプラズマ密度が高いという特徴を持つ。ガス導入口 3 5 よりエッチングガスを供給しコイル 3 8 に印加した高周波電力によりプラズマ 3 6 を励起し、基板にバイアス電圧をかけることによりイオンは基板へ入射し加工が行われる。R I E には S F 6 とアルゴンの混合ガスを用い、流量 1 5 sccm、真空度 0. 5 Pa、バイアス電圧 5 0 0 V、加工時間 1 0 0 分である。このようにして加工されたレール 3 の溝深さは約 1 0 μ m である (e)。このときのレールの断面形状を図 1 8 (a) に示す。アルミナチタンカーバイドとレジストの側壁全体にかけて再付着物 1 9 が付着している。そこで、R I E 後、研磨布 1 7 を用いて研磨加工 (f) を行い、R I E 時に生じた再付着物を除去する。実施例 1 と同様に以下の条件で研磨加工を行う。定盤 2 2 及び研磨布 1 7 の直径は 3 0 0 mm、チャック 2 1 と定盤 2 2 の回転数は、同方向に 2 0 r/min、チャック 2 0 の揺動幅 1 0 mm、揺動速度 5 mm/sec、研磨圧力 1 0 kPa、平均研磨速度 8 0 mm/sec、研磨布 1 7 としてポリエステル不織布、平均粒径 0. 2 5 μ m のダイヤモンドスラリを用い、1 0 ml/min の量を滴下した。研磨時間は 1 0 分である。この再付着除去研磨加工後のレール角部の断面形状を図 1 8 (b) に示す。図 1 8 (a) の研磨前の状態と比較すると、再付着物は完全に除去されてなくなり、テーパ角 2 4 は研磨前に比べて小さくなり、レジストは研磨前の位置よりも後退している。またレールの角部に微小な傾斜面が形成されており、その大きさは幅約 1 μ m 高さ約 0. 5 μ m である。再付着除去研磨加工の後、レジストを除去し、ヘッドブロック固定治具からブロックを剥離し、図 1 (g) に示す個々の磁気ヘッド 1 に切断する。さらに、実施例 1 と同様にヘッドの変形を補正するための平面度補正研磨を行う。この研磨加工後のレール角部の断面形状を図 1 8 (c) に示す。レールの角部の断面形状は図 1 8 (c) に示すように浮上面がわずかに研磨されることにより図 1 8 (b) と比較して傾斜面がやや減少し、幅約 0. 5 μ m 高さ約 0. 2 5 μ m となっている。また、保護膜は研磨されなくなっている。この浮上面補正研磨加工の後実施例 1 と同様に保護膜を成膜し磁気ヘッドを得る。

【 0 0 2 8 】以上述べたプロセスで作成された磁気ヘッドスライダのレールの角部の断面形状は図 1 8 (d) のようになり、微小な傾斜面 9 が存在する。その大きさは、傾斜面 3 の幅が約 0. 5 μ m 高さが 0. 2 5 μ m である。また、この傾斜面が浮上面となす角度は 2 7 度であり、レールの面積に対して傾斜面の面積が占める割合は約 0. 6 % である。このようなプロセスで作成したレール底面の面粗さは約 0. 2 μ m 以下である。レール幅及びレール溝深さは再付着除去研磨の前後で変化してい

ない。

【0029】以上説明したように、R I E後に再付着除去研磨加工を行うことによって実施例1と同様にレールの側壁及び浮上面に付着した再付着物は完全に除去され、再付着物に起因する不良が抑止される。また、実施例1と同様にレールの角部に傾斜面が形成されるため浮上特性が向上する。また、空気流出端においても傾斜面が形成されるため、磁気ディスク始動停止時のディスク、ヘッド間の衝撃が緩和され、磁気ディスク装置の信頼性が向上する。

【0030】

【発明の効果】本発明により、レールの浮上面に付着した再付着物は完全に除去され磁気ディスク装置の信頼性が向上する。また、微小な傾斜面が設けられることにより浮上姿勢の安定性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気ヘッドスライダの製造方法を示す図である。

【図2】本発明の磁気ヘッドスライダを示す図である。

【図3】本発明の磁気ヘッドスライダの製造方法を示す図である。

【図4】本発明の再付着除去研磨加工の概念図である。

【図5】実施例1の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

【図6】実施例1の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

【図7】実施例1の磁気ヘッドスライダの側面図である。

【図8】平面度補正研磨加工の概念図である。

【図9】本発明の磁気ヘッドスライダの製造方法を示す図である。

【図10】磁気ヘッドの浮上状態を説明する図である。

【図11】従来の磁気ヘッドスライダ及びその加工方法を示す図である。

【図12】従来の非直線形状の磁気ヘッドスライダを示す図である。

【図13】従来の磁気ヘッドスライダの製造方法を示す図である。

【図14】磁気ヘッドスライダの周速度と浮上量の関係

を示す図である。

【図15】実施例2の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

【図16】実施例3の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

【図17】実施例4の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

【図18】実施例5の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

10 【図19】イオンミリング装置の構成図である。

【図20】R I E装置の構成図である。

【図21】再付着形成の概念図である。

【図22】イオンビーム入射角度とイオンミリング速度の関係を示す図である。

【図23】従来の磁気ヘッドスライダの拡大断面図である。

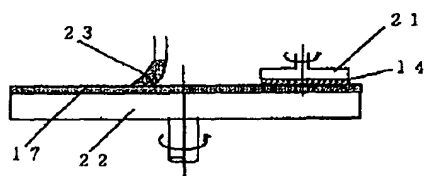
【図24】研磨布のSEM写真である。

【図25】研磨布における圧力と変形量の関係を示す図である。

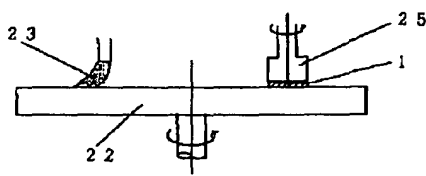
20 【符号の説明】

1…磁気ヘッド、1'…磁気ヘッド、2…浮上面、3…レール
4…テーパ部、5…磁気素子、6…磁気素子形成部、7…空気流入端、8…空気流出端、9…傾斜面、10…板バネ、11…磁気ディスク、12…浮上量、13…アルミナチタンカーバイド、14…ヘッドブロック、15…保護膜、16…レジスト、17…研磨布、18…ヘッドブロック固定治具、19…再付着物、19a…再付着物、20…ヘッドブロック研磨治具、21…チャック、22…定盤、23…研磨液、24…テーパ角、25…ヘッド研磨治具、26…ヘッド固定治具、27…砥石、28…試料ホルダ、29…真空ポンプ、30…試料交換室、31…永久磁石、32…ソレノイドコイル、33…マイクロ波、34…マイクロ波発振器、35…ガス導入口、36…プラズマ、37…引き出し電極、38…コイル、39…イオンビーム、40…空気流、41…曲面

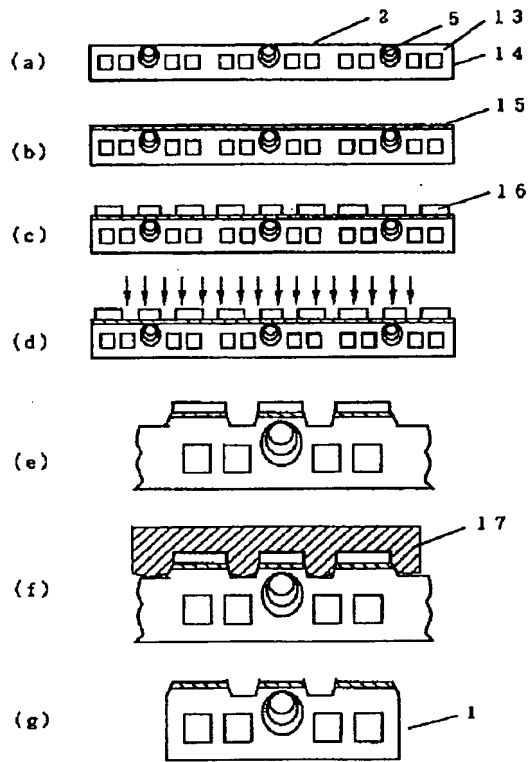
【図4】



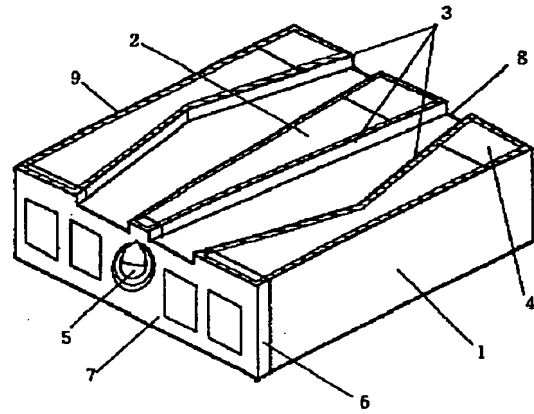
【図8】



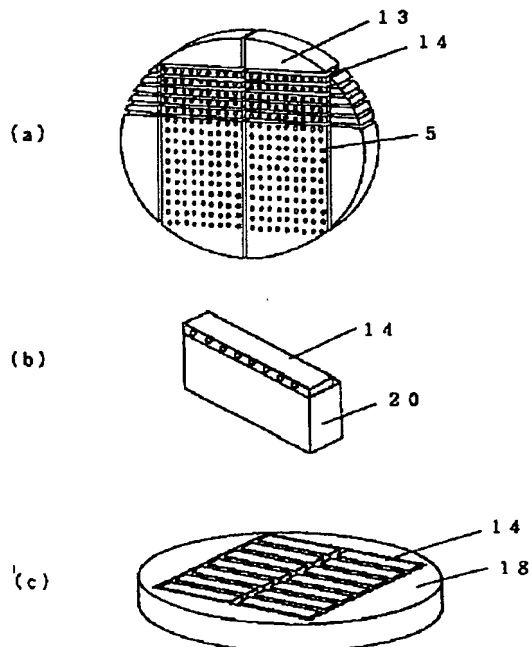
【図 1】



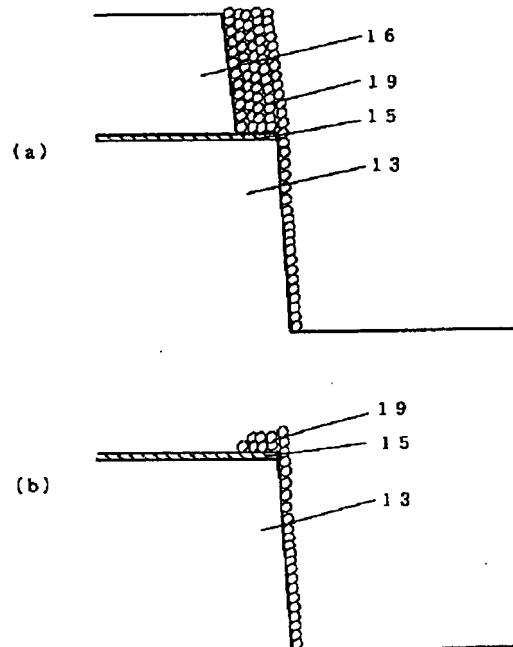
【図 2】



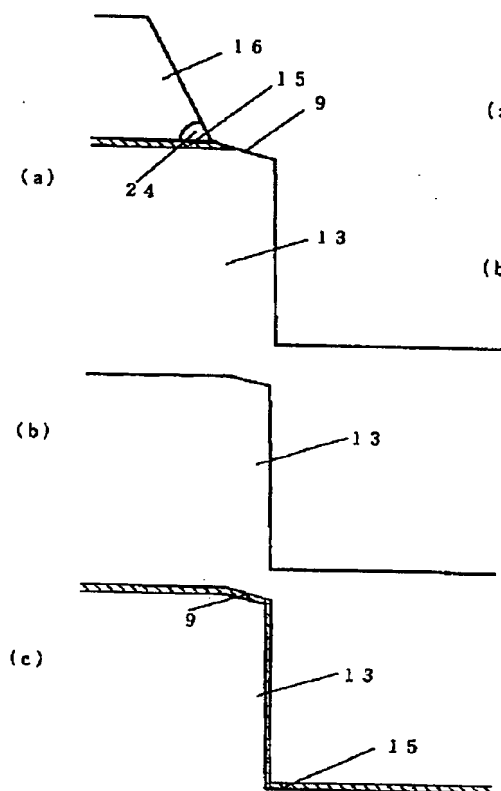
【図 3】



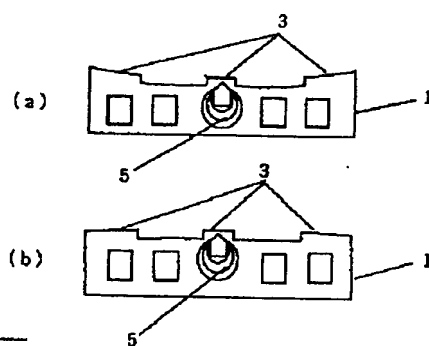
【図 5】



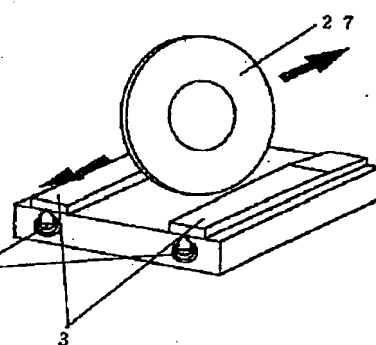
【図 6】



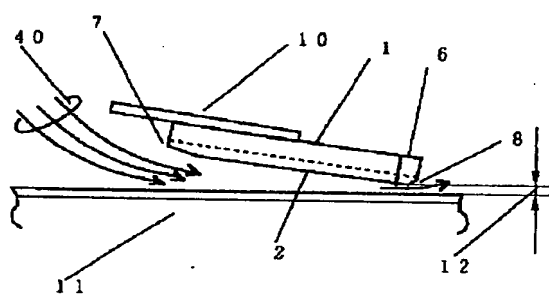
【図 7】



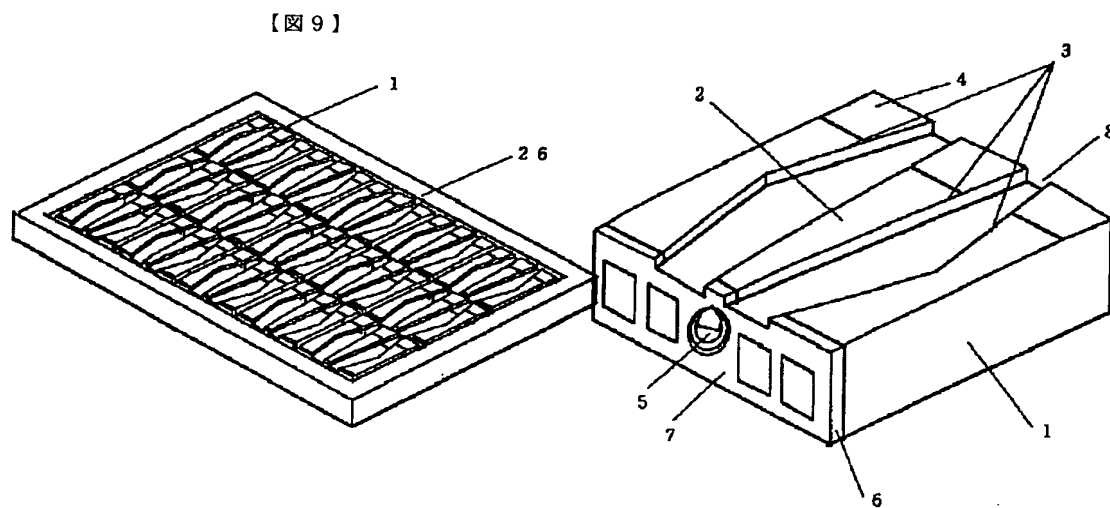
【図 11】



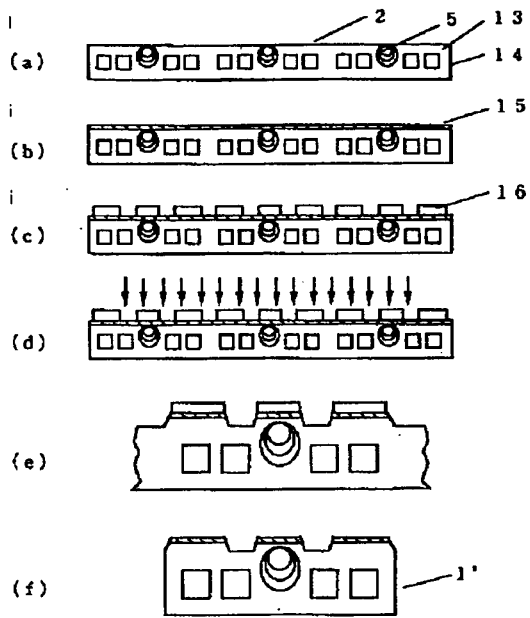
【図 10】



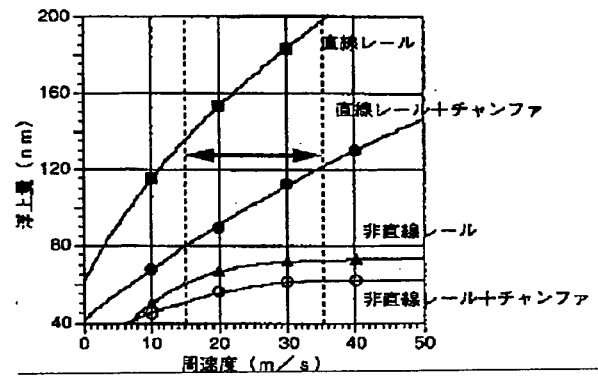
【図 12】



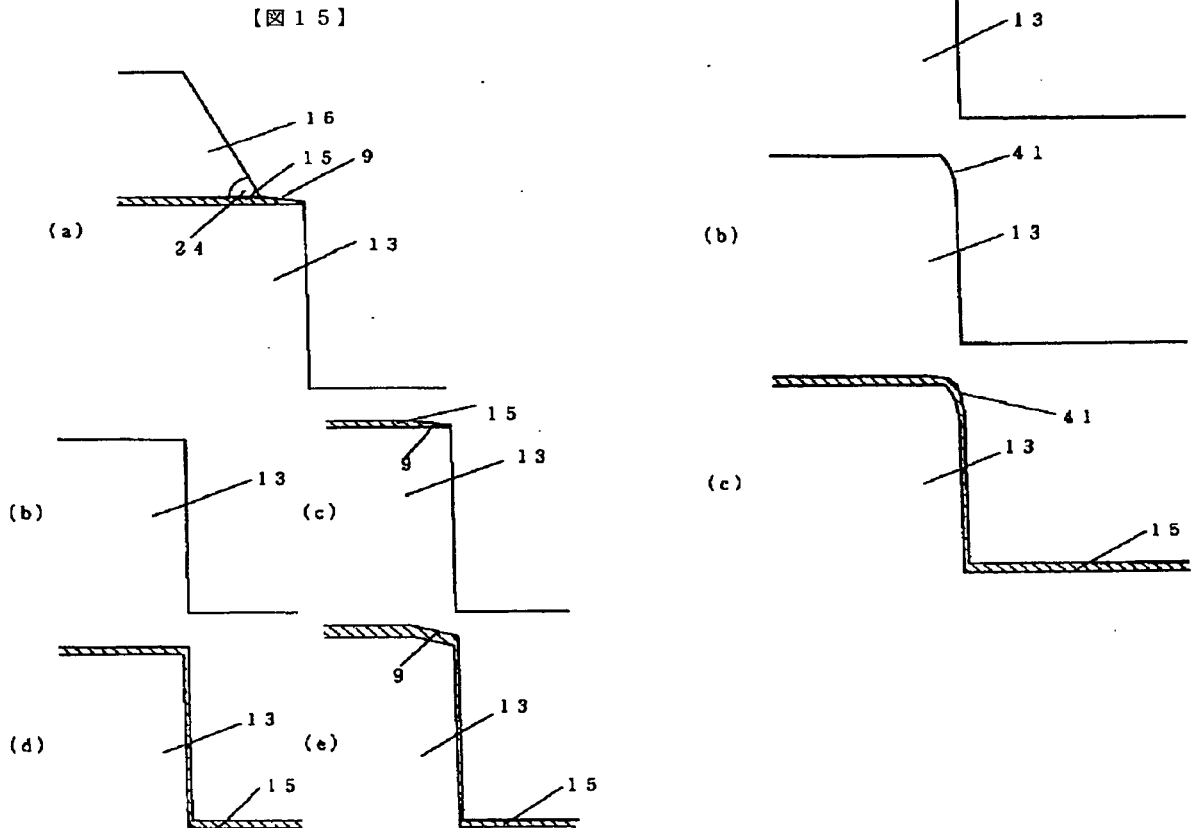
【図 13】



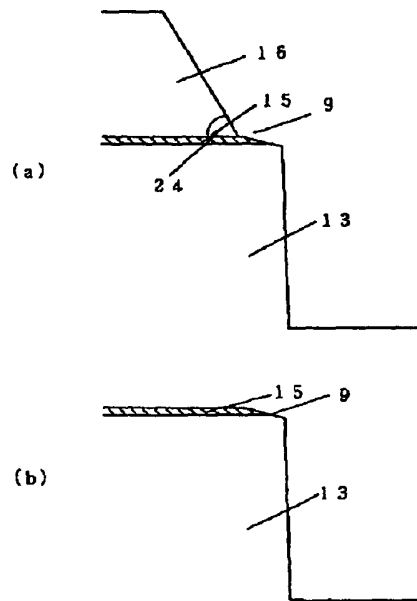
【図 14】



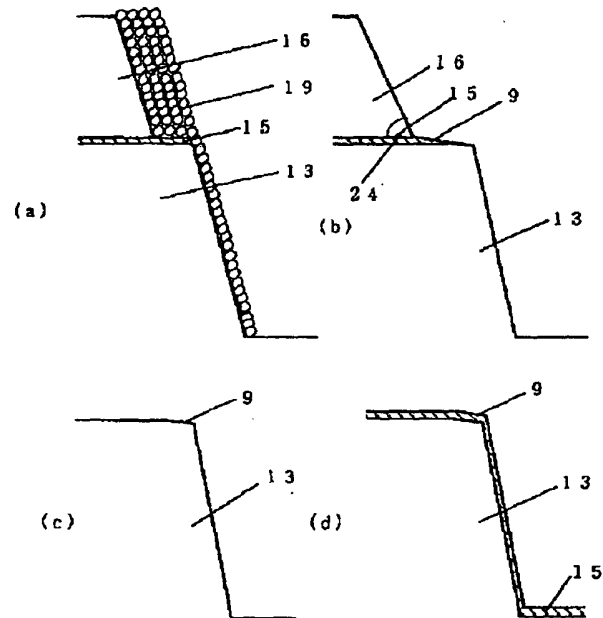
【図 16】



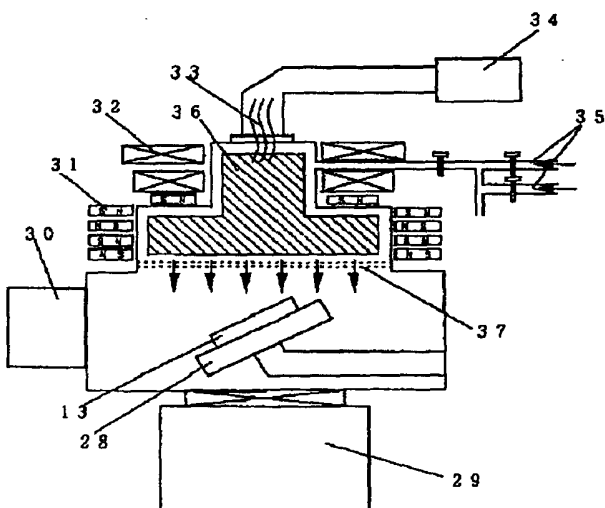
【図 17】



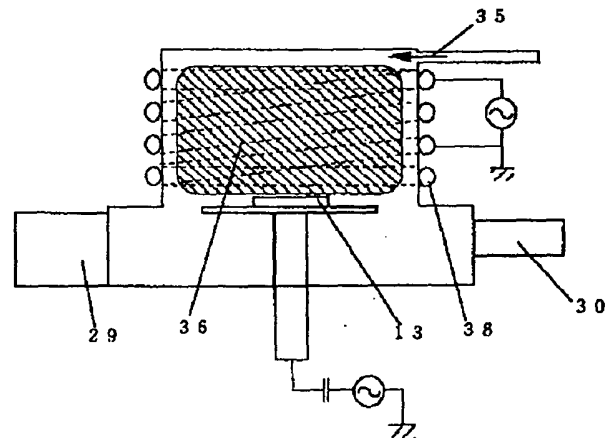
【図 18】



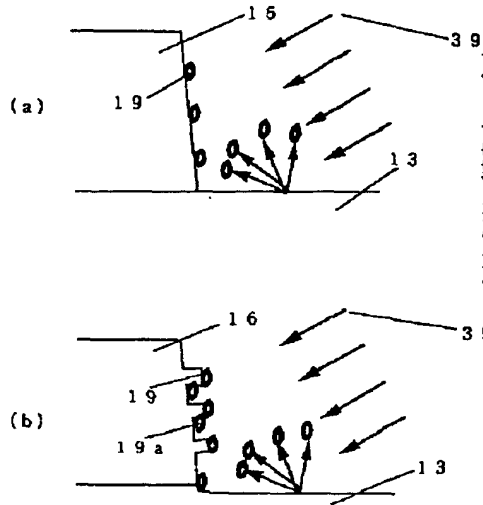
【図 19】



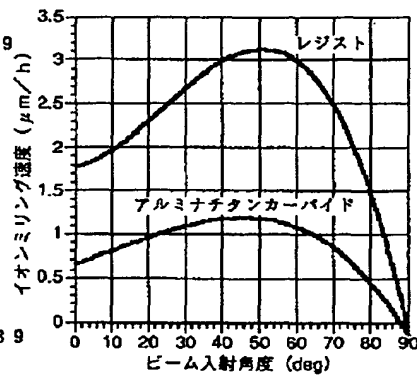
【図 20】



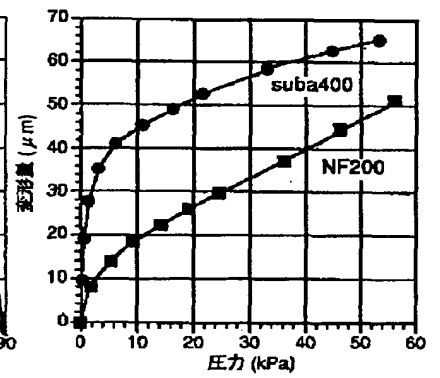
【図 2 1】



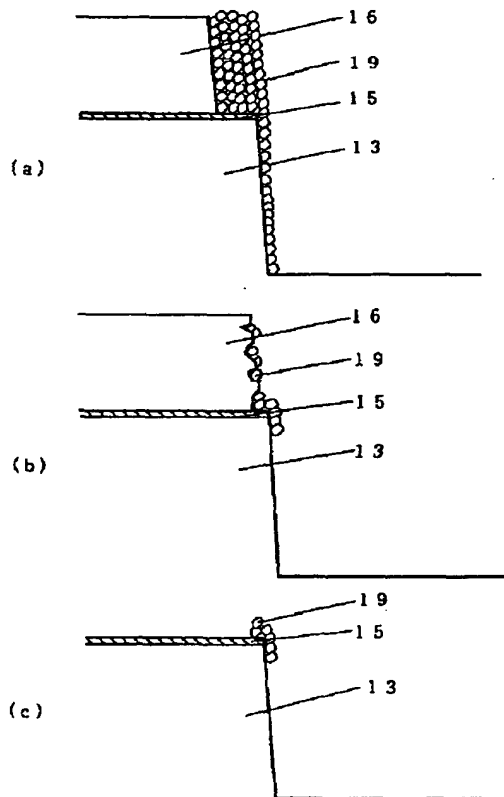
【図 2 2】



【図 2 5】



【図 2 3】

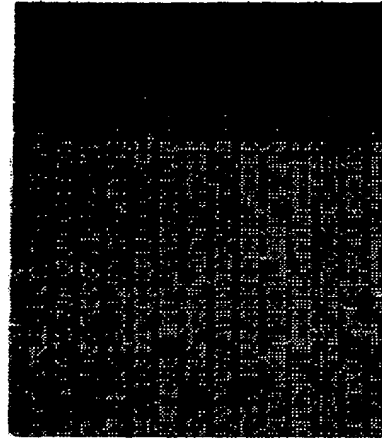


【図 2 4】

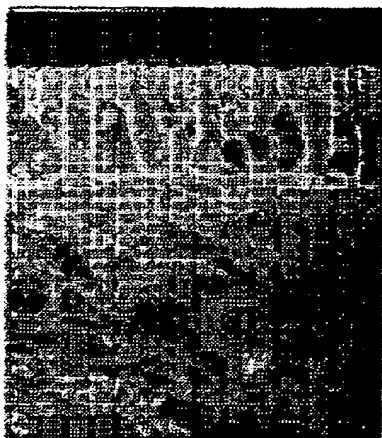
図面代用写真



×50

(a) ポリエステル不織布
(Baikalox)

×40

(b) ポリエステル不織布
(ベルエース)

×30

(c) スエード
(Surfin)

フロントページの続き

(72) 発明者 藤沢 政泰
神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地株
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 鈴木 三郎
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地株式
会社日立製作所ストレージシステム事業部
内

(72) 発明者 戸川 衛星
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地株式
会社日立製作所ストレージシステム事業部
内

(72) 発明者 斉木 教行
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地株式
会社日立製作所ストレージシステム事業部
内

- (72) 発明者 鈴木 信男
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地株式
会社日立製作所ストレージシステム事業部
内
- (72) 発明者 上利 宏司
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地株式
会社日立製作所ストレージシステム事業部
内
- (72) 発明者 赤松 潔
神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地株式
会社日立製作所ストレージシステム事業部
内
- (72) 発明者 千葉 拓
神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地株
式会社日立製作所生産技術研究所内